

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТА РЕЦИКЛІНГ

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

для студентів освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Дніпро
НТУ «ДПУ»
2023

*Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом
(протокол № 4 від 05.04.2023) за поданням науково-методичної
комісії спеціальності 183 «Технології захисту
навколишнього середовища» (протокол №4 від 22.03.23)*

Борисовська О.О.

Технології утилізації відходів та рециклінг. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / О.О. Борисовська О.О.; Міністерство освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – 31 с.

Упорядник: Борисовська О.О., канд. техн. наук, доц.

Подано методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Методичні рекомендації орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів.

Борисовська О.О.

НТУ «Дніпровська політехніка», 2023

ЗМІСТ

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	4
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	5
1.1. Загальні положення.....	5
1.2. Класифікація хвостосховищ.....	6
1.3. Гідравлічне складування відходів	8
1.4. Огороджувальна дамба	9
1.5. Розрахунок ємності хвостосховища	11
2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	16
2.1. Приклад розрахунку.....	16
Розрахунок річного виходу хвостів і загальних характеристик хвостосховища	17
Розрахунок хвостосховища першої черги (першого ярусу)	18
Розрахунок другого ярусу хвостосховища	19
Розрахунок третього ярусу хвостосховища.....	20
Розрахунок четвертого ярусу хвостосховища.....	21
Розрахунок загальних параметрів хвостосховища	22
Розрахунок терміну експлуатації хвостосховища	23
2.2. Завдання на курсову роботу	24
2.3 Вимоги до оформлення курсової роботи	24
Питання для самоконтролю.....	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	27
Додаток А. Зразок оформлення титульного аркуша курсової роботи.....	28
Додаток Б. Критерії оцінювання курсової роботи.....	29

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Дисципліна «Технології утилізації відходів та рециклінг» – складова фахової підготовки студентів за ОПП «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Головна мета курсу – формування у майбутніх фахівців умінь та компетенцій з вибору (обґрунтування) методів і технологій збирання (сортування), зберігання, транспортування, видалення, знешкодження та переробки відходів виробництва й споживання, використовуючи запобіжний принцип, а також оцінювання їх впливу на якісний стан об'єктів довкілля й умови проживання та безпеку людей.

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі, а також формування практичних навичок виконання курсової роботи щодо розрахунку параметрів хвостосховища для гідравлічного складування твердих відходів.

Методичні рекомендації містять процедури оформлення тексту курсової роботи, який викладено за типовою структурною схемою: тема, мета роботи, подання теоретичних положень за темою і завданнями, передбаченими для самостійного виконання.

В результаті виконання курсової роботи студенти - майбутні фахівці повинні оволодіти системним підходом до вибору та обґрунтування методів та технологій зберігання відходів виробництва у відповідності до вимог ОПП:

- ПР04 – Обґрунтовувати природозахисні технології, базуючись на розумінні механізмів впливу людини на навколишнє середовище і процесів, що відбуваються у ньому;
- ПР08 – Вміти продемонструвати навички вибору, планування, проектування та обчислення параметрів роботи окремих видів обладнання, техніки і технологій захисту навколишнього середовища, використовуючи знання фізико-хімічних властивостей поллютантів, параметрів технологічних процесів та нормативних показників стану довкілля;
- ПР11 – Вміти застосувати знання з вибору та обґрунтування методів та технологій збирання, сортування, зберігання, транспортування, видалення, знешкодження і переробки відходів виробництва й споживання; оцінювати їх вплив на якісний стан об'єктів довкілля та умови проживання і безпеку людей;
- ПР13 – Вміти застосовувати основні закономірності безпечних, ресурсоефективних і екологічно дружніх технологій в управлінні природоохоронною діяльністю, в тому числі, через системи екологічного керування відповідно міжнародним стандартам.

Мета курсової роботи: надбання практичних навичок з розрахунку параметрів хвостосховища для гідравлічного складування твердих відходів, при якому для спорудження вторинних дамб використовують хвости з надводних пляжів задля збільшення ємності та терміну експлуатації кожного ярусу хвостосховища.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням наступних завдань:

– ознайомлення з класифікацією хвостосховищ та основними принципами гідравлічного складування відходів;

– ознайомлення з методикою розрахунку ємності хвостосховища та висоти огорожувальної дамби, об'ємів вторинних дамб, об'ємів хвостосховища по ярусах і термінів їх експлуатації;

– самостійний розрахунок ємності хвостосховища та висоти огорожувальної дамби, об'ємів вторинних дамб, об'ємів хвостосховища по ярусах і термінів їх експлуатації.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Загальні положення

При збагаченні руд на гірничо-збагачувальних комбінатах або збагачувальних фабриках утворюється значна кількість дрібнодисперсних відходів – хвостів, що складаються, переважно, з пустої породи.

У більшості випадків при переробці руд використовують мокрі способи збагачення, і хвости одержують в суміші з водою у вигляді пульпи. У зв'язку з цим переміщення хвостів до місця складування здійснюють гідравлічним способом по трубопроводах за допомогою насосів. Для складування хвостів використовують штучні споруди – **хвостосховища**, які створюють шляхом перегородження ярів чи балок або обгородження понижених ділянок земної поверхні огорожувальними дамбами.

Скидання пульпи у хвостосховище здійснюють за допомогою випусків або торцевим способом. При цьому відбувається виділення з пульпи твердої складової й освітлювання води, яка потім повертається до оборотної системи підприємства.

Комплекс споруд та обладнання для гідравлічного транспортування і складування хвостів називають *хвостовим господарством*. Хвостове господарство – одна з найбільш вартісних ділянок збагачувального комплексу. Для зниження витрат на складування відходів при спорудженні огорожувальних дамб максимально використовують хвости збагачення.

Гідравлічний спосіб транспортування і складування використовують також і для інших дисперсних відходів, що утворюються в насиченому стані (наприклад, для пилу, золи ТЕС, що уловлюють мокрим способом, осаду стічних вод тощо).

1.2. Класифікація хвостосховищ

Залежно від рельєфу місцевості розрізняють такі типи хвостосховищ (рис. 1):

- а) *балочні*, які розміщують в балках або в ярах, що перегороджені дамбами;
- б) *рівнинні*, які розміщують на рівній місцевості шляхом огородження дамбами по всьому периметру;
- в) *заплавні*, які розміщують в заплавах річок шляхом огородження з двох або трьох сторін залежно від рельєфу місцевості;
- г) *косогірні*, які розміщують на ділянках, огороджених з трьох сторін дамбами, а з четвертої – самим косогором;
- д) *котлованні*, які розміщують в котлованах старих кар'єрів, куди відходи складають без спорудження дамб.

а)



б)



б)



г)



Рис. 1. Типи хвостосховищ

а) балочне; б) рівнинне; в) косогірне; г); котлованне

Хвостосховища залежно від способу спорудження розділяють на:

а) **наливні**, в яких огорожувальну дамбу будують з природних матеріалів відразу на повну висоту (це вимагає значних капітальних витрат);

б) **намивні** (поступового заповнення), в яких спочатку споруджують з природних матеріалів первинну дамбу невеликої висоти, а потім поступово відсипають вторинні дамби з хвостів у процесі експлуатації хвостосховища.

До комплексу хвостосховища входять: огорожувальна дамба, надводний пляж, ставок-відстійник, пульповоди, водоскидні, дренажні та інші споруди.

1.3. Гідравлічне складування відходів

У даний час при складуванні хвостів збагачення найбільше розповсюдження отримав гідравлічний спосіб, який полягає в подачі пульпи по пульповодах до місця складування і випуску її в хвостосховище.

Пульпа – це суміш твердих відходів з водою, основними характеристиками якої є консистенція, щільність частинок і гранулометричний склад хвостів.

Консистенція пульпи – це співвідношення маси твердих відходів T до маси рідини P , тобто $T:P$.

Щільність частинок пульпи ρ_n , тобто відношення маси пульпи до її об'єму, визначають за формулою:

$$\rho_n = (T + P) / (T/\rho_{ч.хв} + P/\rho_в), \text{ т/м}^3, \quad (1)$$

де T – маса твердих відходів, т; P – маса рідини, т; $\rho_{ч.хв}$ – щільність частинок хвостів, т/м³; $\rho_в$ – щільність води ($\rho_в=1$ т/м³).

Консистенція пульпи ($T:P$) для різних видів хвостів змінюється у великому діапазоні (від 1:1 до 1:30 та більше) і залежить від щільності частинок хвостів, відстані транспортування, діаметру пульповодів, напірного обладнання й інших факторів.

Трубопроводи, що призначені для транспортування пульпи від підприємства і розподілу її по хвостосховищу, називають **пульповодами**. Розподільчі трубопроводи розміщують по гребенях первинної і вторинних дамб та при заповненні хвостосховища переносять на наступний ярус.

При випуску пульпи у хвостосховище відбувається безперервне осадження твердих частинок хвостів на надводному пляжі, а вода для освітлювання поступає в **ставок-відстійник**.

Надводним пляжем називають ділянку між огорожувальною дамбою та ставком-відстійником. На надводному пляжі відбувається фракціонування частинок хвостів за розміром і щільністю. На початку випуску відкладаються великі й важкі частинки відходів (які в подальшому використовують для спорудження вторинних дамб), а у ставок-відстійник попадають найдрібніші й легкі частинки (розміри ставка-відстійника повинні бути достатніми для освітлювання води).

Відведення освітленої води за межі хвостосховища здійснюють за допомогою водоскидних споруд. У зв'язку з безперервним підвищенням гребеня дамб обвалування у процесі експлуатації хвостосховища конструкція водоскидних споруд повинна забезпечувати відведення води з різних відміток.

Заповнення хвостосховища може бути одностороннім або кільцевим (рис. 2).

При односторонньому заповненні скидання пульпи здійснюють від дамби до берегів (**балочне хвостосховище**), при кільцевому – по периметру дамби (**рівнинне хвостосховище**).

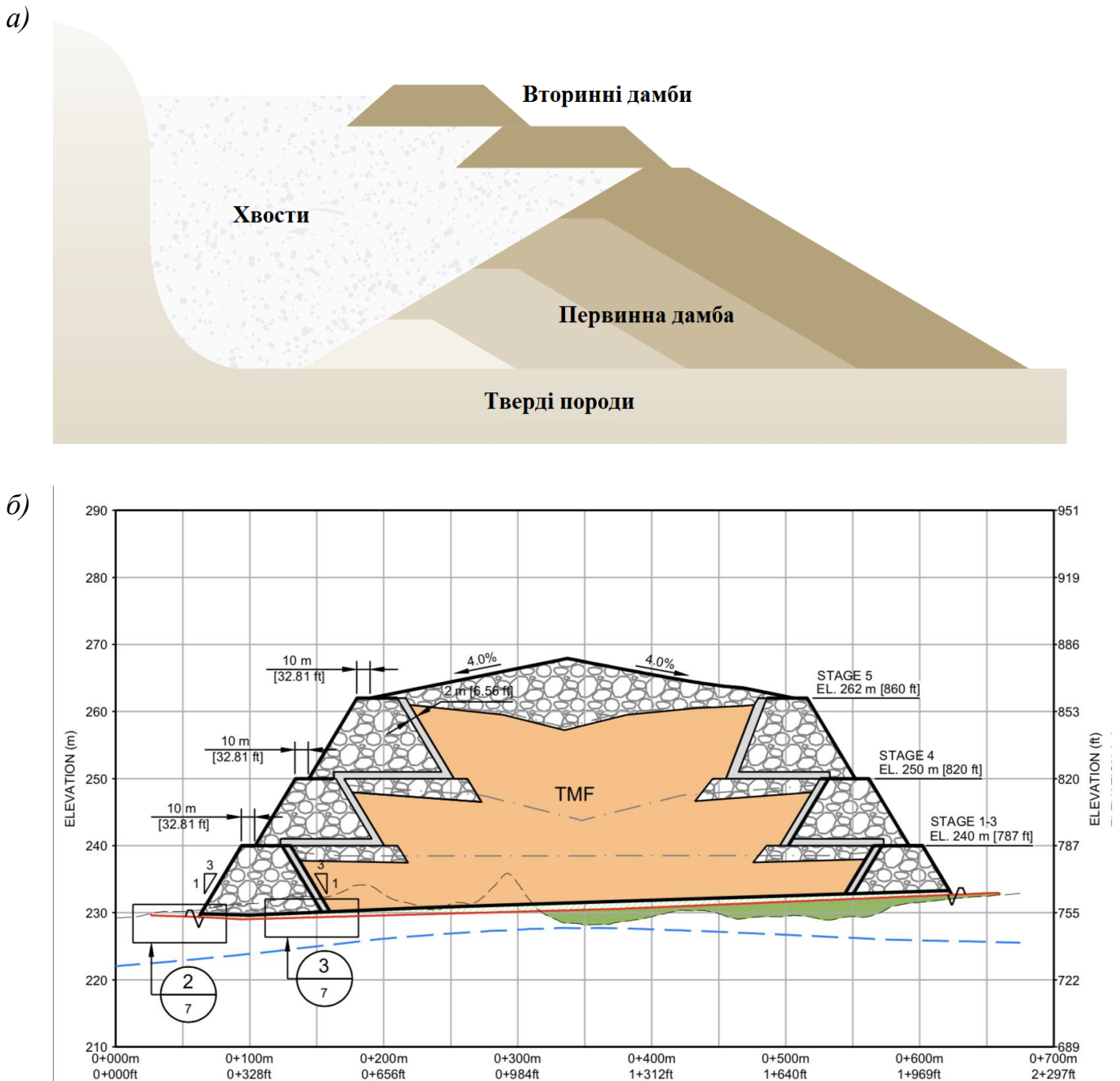


Рис. 2. Схеми заповнення хвостосховища

- а) одностороннє заповнення **балочного хвостосховища**;
- б) кільцеве заповнення **рівнинного хвостосховища**;

1.4. Огороджувальна дамба

У поперечному перерізі профіль дамби має вигляд трапеції, бокові сторони якої називають **укосами**. Укіс з боку хвостосховища називають **верховим**, із

зовнішнього боку – **низовим** (рис. 3). Нахили укосів (відношення висоти до закладання укосу) залежать від висоти і матеріалів дамби, а також від її основи.

Закладання укосу – це проекція довжини укосу на горизонтальну площину. Верховий укіс як правило споруджують більш пологим, тому що він насичений водою майже на повну висоту.

Горизонтальну площину, яка обмежує тіло дамби зверху, називають **гребенем дамби**. Ширина дамби по гребеню визначається з урахуванням розташування розподільчих пульповодів та улаштування дороги для проїзду машин і будівельних механізмів. Гребінь первинної і вторинних дамб зменшує середній нахил укосу, що підвищує його стійкість.

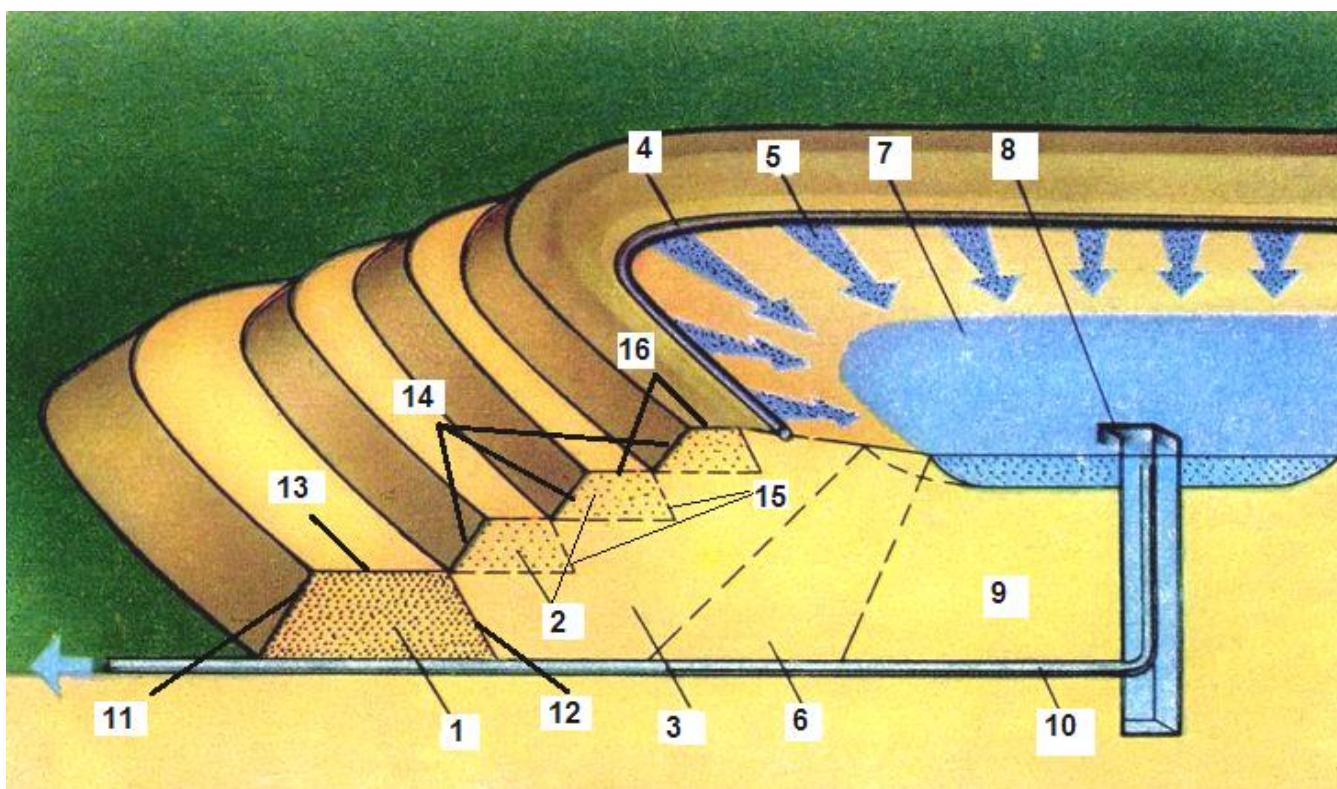


Рис. 3. Схема хвостосховища

1 – первинна дамба; 2 – вторинні дамби (зводяться поярусно); 3 – призма упору, що складається з найбільш крупнозернистих фракцій ґрунту; 4 – наливний пульповід; 5 – пляж (ділиться на карти); 6 – проміжна зона; 7 – ставок-відстійник, що забезпечує освітлення води і водопостачання; 8 – водоскидний (водозабірний) колодязь; 9 – ядро (центральна зона); 10 – водоскидна труба; 11 – низовий укіс первинної дамби; 12 – верховий укіс первинної дамби; 13 – гребінь первинної дамби; 14 – низовий укіс вторинних дамб; 15 – верховий укіс вторинних дамб; 16 – гребінь вторинних дамб

Первинна дамба – це насип з природного матеріалу або з вскришної породи висотою 5-10 м, призначений для утворення хвостосховища першої черги.

Вторинні дамби після заповнення хвостосховища першої черги, споруджують поярусно з намитих хвостів за допомогою будівельної техніки (бульдозерів, скреперів та інших механізмів). Висота вторинних дамб складає 2,5-3 м. Основою вторинних дамб служать намиті хвости надводного пляжу.

Перевищення гребеня дамби над рівнем заповнення хвостосховища приймають $h_{зап}$ з урахуванням вітрового хвилеутворення, але не менше 0,5 м (рис. 4).

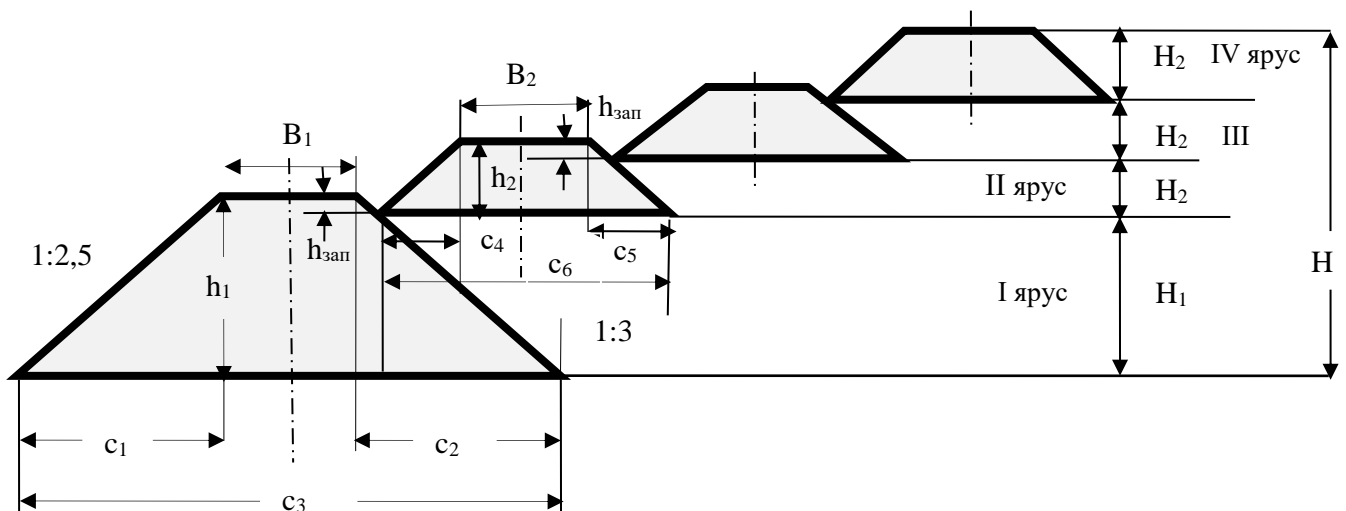


Рис. 4. Поперечний переріз огорожувальної дамби

B_1 – ширина по гребеню первинної дамби; h_1 – висота первинної дамби; C_1 – закладання низового укосу первинної дамби; C_2 – закладання верхового укосу первинної дамби; C_3 – ширина нижньої основи первинної дамби; B_2 – ширина по гребеню вторинних дамб; h_2 – висота вторинних дамб; C_4 – закладання низових укосів вторинних дамб; C_5 – закладання верхових укосів вторинних дамб; C_6 – ширина нижньої основи вторинних дамб; $h_{зап}$ – перевищення гребеня дамби над рівнем заповнення

1.5. Розрахунок ємності хвостосховища

Ємність хвостосховища складається з об'єму заскладованих хвостів і об'єму освітлюючого ставка-відстійника.

Об'єм хвостосховища повинен бути достатнім для вміщення хвостів на період проектного терміну експлуатації, який визначають за залежністю:

$$W = (G_{хв} * t_e) / (\rho_{с.хв} * K_{зан.}), \text{ м}^3, \quad (2)$$

де $G_{хв}$ – вихід хвостів за рік, т; t_e – число років експлуатації хвостосховища; $\rho_{с.хв}$ – середня щільність сухих хвостів у хвостосховищі, т/м³; $K_{зан.}$ – коефіцієнт заповнення хвостосховища, який характеризує практичну можливість заповнення його геометричного об'єму.

Вихід хвостів буде складати:

$$G_{xв} = Q_n \text{ за масою} / (T + P), \text{ т}, \quad (3)$$

де Q_n за масою – витрата пульпи за масою, т/год.

У свою чергу,

$$Q_n \text{ за масою} = Q_n * \rho_n, \text{ т/год}, \quad (4)$$

де Q_n – витрата пульпи, м³/год.

Повне заповнення хвостосховища неможливе, оскільки потрібно залишити такий об'єм ставка-відстійника, який забезпечить необхідне освітлення води. Рекомендується приймати коефіцієнт заповнення хвостосховища рівним 0,75-0,85. Геометричний об'єм хвостосховища визначають за даними топографічного знімання місцевості і закладання укосів дамби шляхом схематизації його форми близько до тієї чи іншої геометричної фігури (зрізаний конус, зрізана піраміда, призма та ін.).

Схематичний розріз хвостосховища показаний на рис. 5.

1.6. Розрахунок параметрів хвостосховища і терміну його експлуатації

Для виконання розрахунків попередньо треба побудувати поперечний переріз огорожувальної дамби, схематичний план і розріз хвостосховища, а також визначити необхідні для розрахунку розміри і нанести їх на креслення.

Довжину однієї сторони земельної ділянки, яку займає хвостосховище, визначають за співвідношенням:

$$A = \sqrt{S}, \text{ м}, \quad (5)$$

де S – площа земельної ділянки, м².

Розрахунок геометричного об'єму хвостосховища виконують поетапно: спочатку визначають **об'єм хвостосховища першої черги** (перший ярус), потім – **об'єм кожного наступного ярусу**, а **загальний об'єм** – як їх суму.

Для спрощення розрахунків з достатньою точністю можна прийняти, що кожний ярус хвостосховища має форму зрізаної піраміди. У такому випадку об'єм кожного ярусу хвостосховища визначають за формулою:

$$W_i = \frac{1}{3} * H_i * (S_{ni} + S_{ei} + \sqrt{S_{ni} * S_{ei}}), \text{ м}^3, \quad (6)$$

де H_i – висота кожного ярусу, м; S_{ni} і S_{ei} – площі нижньої і верхньої основи кожного ярусу відповідно, які визначають за залежностями:

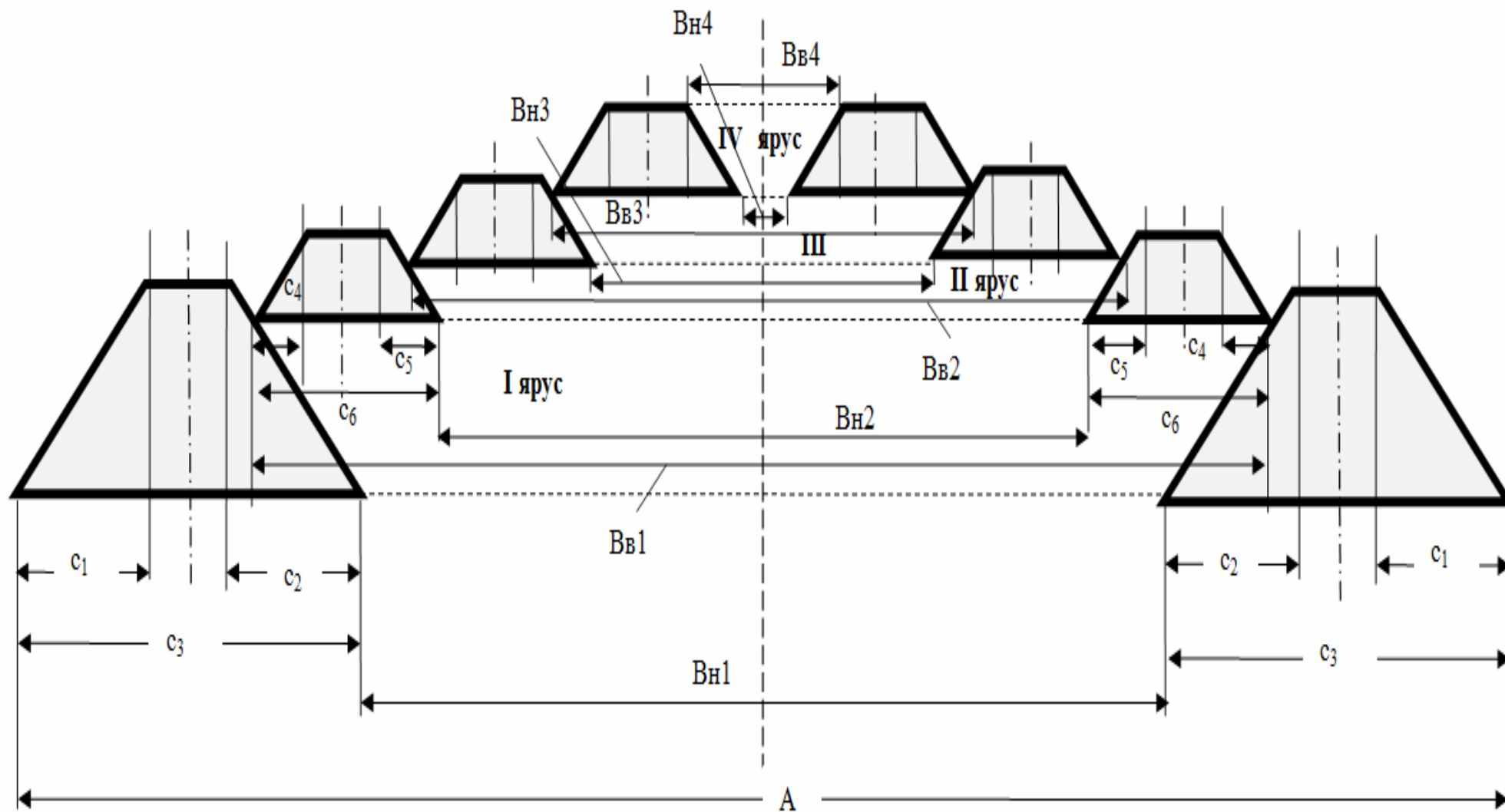


Рис. 5. Схематичний розріз хвостосховища

$$S_{ni} = B_{ni}^2, \text{ м}^2; \quad (7)$$

$$S_{bi} = B_{bi}^2, \text{ м}^2; \quad (8)$$

де B_{ni} і B_{bi} – розміри сторін нижньої і верхньої основи кожного ярусу хвостосховища відповідно, м.

Необхідну кількість вторинних ярусів розраховують за формулою:

$$n = \frac{H - H_1 - h_{зан.}}{H_2}, \text{ шт.}, \quad (9)$$

де H – загальна висота огорожувальної дамби; H_1 – висота першого ярусу, м;

H_2 – висота вторинних ярусів, м.

При розрахунку об'ємів ярусів хвостосховища, які огорожені вторинними дамбами, враховують ті обставини, що для спорудження вторинних дамб використовують хвости з надводних пляжів. Це призводить до збільшення ємності та терміну експлуатації кожного ярусу хвостосховища. Тому сумарний об'єм кожного ярусу W_{ci} складається з його геометричного об'єму і об'єму вторинної дамби цього ярусу.

При схематизації вторинної дамби у вигляді правильної призми її об'єм визначають за виразом:

$$V_i = F * L_{di}, \text{ м}^3, \quad (10)$$

де F – площа поперечного перерізу вторинної дамби, м^2 ; L_{di} – довжина вторинної дамби кожного ярусу по осі, м. Визначають за наступною формулою:

$$L_{di} = 4 * A_i, \text{ м}, \quad (11)$$

де A_i – довжина однієї сторони дамби по її осі, м (рис. 6).

Отже сумарний об'єм кожного ярусу буде складати:

$$W_{ci} = W_i + V_i, \text{ м}^3. \quad (12)$$

Термін експлуатації кожного ярусу хвостосховища становить:

$$t_i = (W_{ci} * K_{зан} * \rho_{с.хв}) / G_{хв}, \text{ років}. \quad (13)$$

Загальний об'єм хвостосховища W_3 , загальний об'єм вторинних дамб V_3 , повний термін експлуатації хвостосховища t_n і висоту огорожувальної дамби H визначають за наступними формулами:

$$W_3 = \sum_{i=1}^n W_{ci}, \text{ м}^3; \quad (14)$$

$$V_3 = \sum_{i=2}^n V_i, \text{ м}^3; \quad (15)$$

$$t_n = \sum_{i=1}^n t_i, \text{ років}; \quad (16)$$

$$H = \sum_{i=1}^n H_i + h_{зан}, \text{ м}, \quad (17)$$

де n – кількість ярусів хвостосховища.

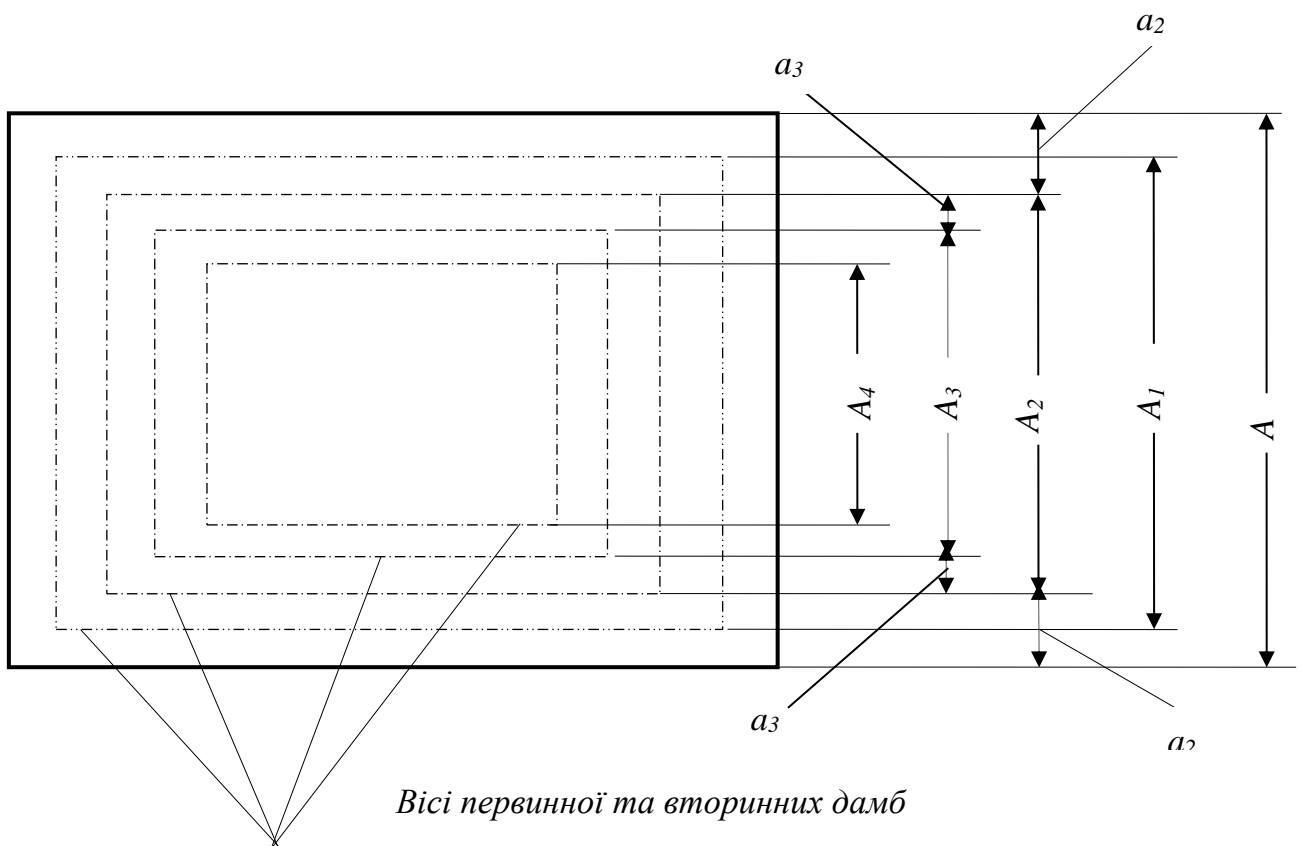


Рис. 6. Схематичний план хвостосховища

Одержані значення загального об'єму хвостосховища W_3 порівнюють з необхідним об'ємом W , а значення повного терміну експлуатації t – з потрібним терміном експлуатації t_c , беручи до уваги наступні умови:

$$W_3 \geq W; \quad (18)$$

$$t \geq t_c. \quad (19)$$

Тобто загальний об'єм планованого хвостосховища W_3 має бути більшим (або рівним) за об'єм відходів W , у протилежному випадку цього хвостосховища не вистачить для складування пульпи.

Аналогічно повний термін експлуатації t споруди має бути більшим або рівним потрібному терміну експлуатації t_c , інакше підприємству доведеться будувати ще одне хвостосховище.

2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Приклад розрахунку

Гірничо-збагачувальний комбінат видаляє хвости збагачення в хвостосховище гідравлічним способом. Необхідно розрахувати параметри хвостосховища і термін його експлуатації.

Вихідні дані для розрахунку представлені у табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Значення
Хвостосховище намивне (поступового заповнення) рівнинного типу, в плані має форму квадрата	
Площа земельної ділянки, що відведена під хвостосховище S , га	280
Термін експлуатації хвостосховища t_c , роки	10
Висота огорожувальної дамби H , м	17,5
Витрата пульпи Q_n , м ³ /ГОД	10 000
Консистенція пульпи $T:P$	1:15
Щільність частинок хвостів $\rho_{ч.хв}$, т/м ³	3
Щільність води $\rho_в$, т/м ³	1
<i>Первинна дамба</i>	природні суглинки
висота h_1 , м	10
закладання низового укосу m_n	1:2,5
закладання верхового укосу $m_в$	1:3
ширина по гребеню B_1 , м	8
<i>Вторинні дамби</i>	поярусно хвости
висота h_2 , м	3
закладання низового укосу m_n	1:2,5
закладання верхового укосу $m_в$	1:3
ширина по гребеню B_2 , м	8
Перевищення гребеня дамб над рівнем заповнення хвостосховища $h_{зан}$, м	0,5
Середня щільність укладання сухих хвостів, що намиті в хвостосховище і відсипані у вторинні дамби $\rho_{с.хв}$, т/м ³	1,85
Коефіцієнт заповнення хвостосховища $K_{зан}$	0,8

Розв'язок прикладу:

Розрахунок річного виходу хвостів і загальних характеристик хвостосховища

Щільність хвостової пульпи (1):

$$\rho_n = (T + P) / (T / \rho_{ч.хв} + P / \rho_e) = (1 + 15) / (1 / 3 + 15 / 1) = 1,043 \text{ т/м}^3.$$

Витрати пульпи за масою (4):

$$Q_n \text{ за масою} = Q_n * \rho_n = 10\,000 * 1,043 = 10\,434,78 \text{ т/год.}$$

Вихід хвостів (3):

$$G_{хв} = Q_n \text{ за масою} / (T + P) = 10434,78 / (1 + 15) = 652,17 \text{ т/год.}$$

Річний вихід хвостів (враховуємо, що гірничо-збагачувальний комбінат працює цілодобово 365 днів на рік):

$$G_{хв} = 652,17 * 24 * 365 = 5\,713\,043,48 \text{ т/рік.}$$

Об'єм хвостосховища, необхідний для прийому хвостів протягом десяти років (2):

$$W = (G_{хв} * t_e) / (\rho_{с.хв} * K_{зан.}) = (5713043,48 * 10) / (1,85 * 0,8) = 38\,601\,645,12 \text{ м}^3.$$

Будуємо поперечний переріз огорожувальної дамби і наносимо на креслення вихідні дані згідно завдання (рис. 7).

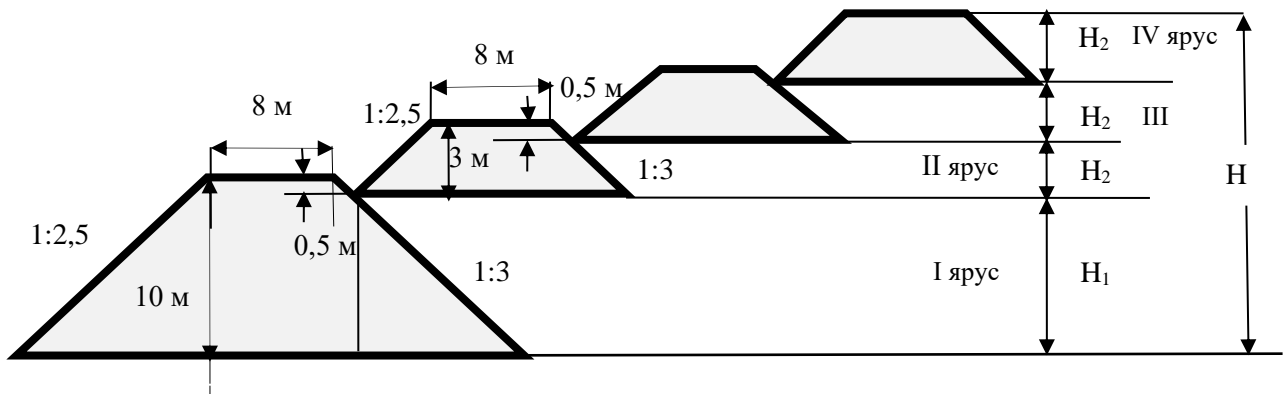


Рис. 7. Поперечний переріз огорожувальної дамби

Розмір сторони ділянки, яку займає хвостосховище (5):

$$A = \sqrt{S} = \sqrt{2800000} = 1673,32 \text{ м.}$$

Визначаємо необхідну кількість вторинних дамб (9):

$$n = \frac{H - H_1 - h_{зан.}}{H_2} = \frac{17,5 - 9,5 - 0,5}{2,5} = 3 \text{ дамби.}$$

Відповідно: $H_1 = h_1 - h_{зан.} = 10,0 - 0,5 = 9,5 \text{ м}$; $H_2 = h_2 - h_{зан.} = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м}$, тобто висота ярусу H – це висота відповідної дамби, зменшена на перевищення дамби на рівнем заповнення на випадок вітрового хвилеутворення $h_{зан}$ (рис. 7).

Розрахунок хвостосховища першої черги (першого ярусу)

Площа нижньої основи дамби першого ярусу (7):

$$S_{н1} = B_{н1}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку: $B_{н1} = A - 2 * C_3$, тобто довжина сторони нижньої основи першого ярусу хвостосховища – це розмір сторони ділянки, яку займає хвостосховище A , зменшений на дві ширини нижньої основи первинної дамби C_3 .

$$\text{Відповідно: } C_3 = h_1 * m_n + B_1 + h_1 * m_в = 10 * 2,5 + 8 + 10 * 3 = 63,0 \text{ м,}$$

де m_n та $m_в$ – закладання низового та верхового укусу дамби відповідно, м (рис. 4).

$$\text{Отже: } B_{н1} = A - 2 * C_3 = 1673,32 - 2 * 63 = 1547,32 \text{ м.}$$

$$\text{Таким чином: } S_{н1} = B_{н1}^2 = 1547,32^2 = 2394199,35 \text{ м}^2.$$

Площа верхньої основи дамби першого ярусу (8):

$$S_{в1} = B_{в1}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку: $B_{в1} = B_{н1} + 2 * C_2 - 2 * h_{зан.} * m_в$, тобто розмір сторони верхньої основи першого ярусу хвостосховища – це розмір сторони нижньої основи першого ярусу хвостосховища $B_{н1}$, збільшений на два закладання верхового укусу первинної дамби C_2 за виключенням двох проєкцій перевищення гребеня дамби $h_{зан.}$ на верховий укіс (рис. 5).

$$\text{Відповідно: } C_2 = H_1 * m_в = 9,5 * 3 = 28,5 \text{ м.}$$

$$\text{Отже: } B_{в1} = B_{н1} + 2 * C_2 - 2 * h_{зан.} * m_в = 1547,32 + 2 * 28,5 - 2 * 0,5 * 3 = 1601,32 \text{ м.}$$

$$\text{Таким чином: } S_{в1} = B_{в1}^2 = 1601,32^2 = 2564225,91 \text{ м}^2.$$

Геометричний об'єм хвостосховища першої черги (6):

$$W_1 = \frac{1}{3} * H_1 * (S_{н1} + S_{в1} + \sqrt{S_{н1} * S_{в1}}) = \frac{1}{3} * 9,5 * (2394199,35 + 2564225,91 +$$

$$+ \sqrt{2394199,35 * 2564225,91} = 23547902,98 \text{ м}^3.$$

Термін експлуатації хвостосховища першої черги (13):

$$t_1 = (W_1 * \rho_{c.xв} * k_{зан}) / G_{xв} = (23547902,98 * 1,85 * 0,8) / 5713043,48 = 6,10 \text{ років.}$$

Розрахунок другого ярусу хвостосховища

Площа нижньої основи дамби другого ярусу (7):

$$S_{н2} = B_{н2}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку: $B_{н2} = B_{в1} - 2 * C_6$, адже розміри сторони нижньої основи другого ярусу – це довжина сторони верхньої основи першого ярусу $B_{в1}$, зменшена на дві ширини нижньої основи вторинних дамб C_6 (рис. 5).

$$\text{Відповідно: } C_6 = h_2 * m_n + B_2 + h_2 * m_e = 3 * 2,5 + 8 + 3 * 3 = 24,5 \text{ м.}$$

$$\text{Отже: } B_{н2} = B_{в1} - 2 * C_6 = 1601,32 - 2 * 24,5 = 1552,32 \text{ м.}$$

$$\text{Таким чином: } S_{н2} = B_{н2}^2 = 1552,32^2 = 2409697,55 \text{ м}^2.$$

Площа верхньої основи дамби другого ярусу (8):

$$S_{в2} = B_{в2}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку: $B_{в2} = B_{н2} + 2 * C_5 - 2 * h_{зан} * m_e$, тобто ширина верхньої основи другого ярусу хвостосховища – це розмір сторони нижньої основи другого ярусу хвостосховища $B_{н2}$, збільшений на два закладання верхнього укосу вторинної дамби C_5 за виключенням двох проєкцій перевищення гребеня дамби $h_{зан}$ на верхній укіс (див. рис. 5).

$$\text{Відповідно: } C_5 = H_2 * m_e = 2,5 * 3 = 7,5 \text{ м.}$$

$$\text{Отже: } B_{в2} = B_{н2} + 2 * C_5 - 2 * h_{зан} * m_e = 1552,32 + 2 * 7,5 - 2 * 0,5 * 3 = 1564,32 \text{ м.}$$

$$\text{Таким чином: } S_{в2} = B_{в2}^2 = 1564,32^2 = 2447097,23 \text{ м}^2.$$

Геометричний об'єм другого ярусу хвостосховища (6):

$$W_2 = \frac{1}{3} * H_2 * (S_{н2} + S_{в2} + \sqrt{S_{н2} * S_{в2}}) = \frac{1}{3} * 2,5 * (2409697,55 + 2447097,23 + \sqrt{2409697,55 * 2447097,23}) = 6070933,47 \text{ м}^3.$$

Об'єм вторинної дамби другого ярусу (10):

$$V_2 = 9(B_2 * L_{д2}, \text{ м}^3).$$

У даному випадку площа поперечного перерізу вторинної дамби:

$$F_2 = \frac{h_2 * (B_2 + C_6)}{2} = \frac{3 * (8 + 24,5)}{2} = 48,75 \text{ м}^2.$$

Для визначення довжини вторинної дамби другого ярусу по осі звернемося до рис.6, на якому зображений схематичний вид зверху на хвостосховище.

Як бачимо, довжина однієї сторони дамби другого ярусу по її осі $A_2 = A - 2 * a_2$, тобто це довжина однієї сторони земельної ділянки, відведеної під хвостосховище A , зменшена на дві відстані від границі земельної ділянки до осі дамби другого ярусу a_2 .

Відповідно: $a_2 = h_1 * m_n + B_2 + h_{зан.} * m_6 + h_2 * m_n + B_2 / 2 = 10 * 2,5 + 8 + 0,5 * 3 + 2,5 * 3 + 8 / 2 = 46,0 \text{ м}$.

Отже: $A_2 = A - 2 * a_2 = 1673,32 - 2 * 46,0 = 1581,32 \text{ м}$.

$L_{02} = 4 * A_2 = 4 * 1581,32 = 6325,28 \text{ м}$.

Таким чином: $V_2 = F_2 * L_{02} = 48,75 * 6325,28 = 308357,41 \text{ м}^3$.

У зв'язку з тим, що для зведення вторинних дамб використовують хвости з надводних пляжів хвостосховища, що призводить до збільшення його обсягу, сумарний об'єм другого ярусу визначається як сума геометричного об'єму хвостосховища другої черги і об'єму вторинної дамби цього ярусу (12):

$$W_{c2} = W_2 + V_2 = 6070933,47 + 308357,41 = 6379290,88 \text{ м}^3.$$

Термін експлуатації другого ярусу (13):

$$t_2 = (W_{c2} * K_{зан} * \rho_{с.хв}) / G_{хв} = (6379290,88 * 1,85 * 0,8) / 5713043,48 = 1,65 \text{ років}.$$

Розрахунок третього ярусу хвостосховища

Площа нижньої основи дамби третього ярусу (7):

$$S_{н3} = B_{н3}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку: $B_{н3} = B_{62} - 2 * C_6$, тобто розміри сторони нижньої основи третього ярусу – це довжина сторони верхньої основи другого ярусу B_{62} , зменшена на дві ширини нижньої основи вторинних дамб C_6 (рис. 5).

Отже: $B_{н3} = B_{62} - 2 * C_6 = 1564,32 - 2 * 24,5 = 1515,32 \text{ м}$.

Таким чином: $S_{н3} = B_{н3}^2 = 1515,32^2 = 2296194,86 \text{ м}^2$.

Площа верхньої основи дамби третього ярусу (8):

$$S_{63} = B_{63}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку: $B_{63} = B_{н3} + 2 * C_5 - 2 * h_{зан.} * m_в$, тобто ширина верхньої

основи третього ярусу хвостосховища – це розмір сторони нижньої основи третього ярусу хвостосховища, збільшений на два закладання верхового укосу вторинної дамби C_5 за винятком двох проєкцій перевищення гребеня дамби $h_{зан.}$ на верховий укіс (рис. 5).

$$\text{Отже: } B_{\epsilon 3} = B_{н3} + 2 * C_5 - 2 * h_{зан.} * m_{\epsilon} = 1515,32 + 2 * 7,5 - 2 * 0,5 * 3 = 1527,32 \text{ м.}$$

$$\text{Таким чином: } S_{\epsilon 3} = B_{\epsilon 3}^2 = 1527,32^2 = 2332706,54 \text{ м}^2.$$

Геометричний об'єм хвостосховища третьої черги (6):

$$W_3 = \frac{1}{3} * H_2 * (S_{н3} + S_{\epsilon 3} + \sqrt{S_{н3} * S_{\epsilon 3}}) = \frac{1}{3} * 2,5 * (229619486 + 233270654 + \sqrt{229619486 * 233270654}) = 5786066,76 \text{ м}^3.$$

Об'єм вторинної дамби третього ярусу (10):

$$V_3 = F_3 * L_{\partial 3}, \text{ м}^3$$

Для визначення довжини вторинної дамби третього ярусу по осі знову звернемося до рисунку 6.

Як бачимо, довжина однієї сторони дамби третього ярусу по її осі $A_3 = A_2 - 2 * a_3$, тобто це довжина однієї сторони дамби другого ярусу по її осі A_2 , зменшена на дві відстані між осями дамби другого та третього ярусів a_3 .

$$\text{Відповідно: } a_3 = B_2 / 2 + h_{зан.} * m_{\epsilon} + h_2 * m_n + B_2 / 2 = 8 / 2 + 0,5 * 3 + 3 * 2,5 + 8 / 2 = 17,0 \text{ м.}$$

$$\text{Отже: } A_3 = A_2 - 2 * a_3 = 1581,32 - 2 * 17,0 = 1547,32 \text{ м.}$$

$$L_{\partial 3} = 4 * A_3 = 4 * 1547,32 = 6189,28 \text{ м.}$$

$$\text{Таким чином: } V_3 = F_2 * L_{\partial 3} = 48,75 * 6189,28 = 301727,41 \text{ м}^3.$$

Сумарний об'єм третього ярусу (12):

$$W_{\epsilon 3} = W_3 + V_3 = 5786066,76 + 301727,41 = 6087794,17 \text{ м}^3.$$

Термін експлуатації третього ярусу (13):

$$t_3 = (W_{\epsilon 3} * K_{зан} * \rho_{с.хв}) / G_{хв} = (6087794,17 * 1,85 * 0,8) / 5713043,48 = 1,58 \text{ років.}$$

Розрахунок четвертого ярусу хвостосховища

Площа нижньої основи дамби четвертого ярусу (7):

$$S_{н4} = B_{н4}^2, \text{ м}^2.$$

$$\text{У даному випадку: } B_{н4} = B_{\epsilon 3} - 2 * C_6 = 1527,32 - 2 * 24,5 = 1478,32 \text{ м.}$$

$$\text{Таким чином: } S_{н4} = B_{н4}^2 = 1478,32^2 = 2185430,18 \text{ м}^2.$$

Площа верхньої основи дамби четвертого ярусу (8):

$$S_{e4} = B_{e4}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку: $B_{e4} = B_{н4} + 2 * C_5 = 1478,32 + 2 * 7,5 = 1493,32 \text{ м}.$

Таким чином: $S_{e4} = B_{e4}^2 = 1493,32^2 = 2230004,78 \text{ м}^2.$

Геометричний об'єм четвертого ярусу хвостосховища (6):

$$W_4 = \frac{1}{3} * H_4 * (S_{н4} + S_{e4} + \sqrt{S_{н4} * S_{e4}}) = \frac{1}{3} * 2,5 * (218543018 + 223000478 + \sqrt{218543018 * 223000478}) = 5519199,95 \text{ м}^3.$$

Об'єм вторинної дамби четвертого ярусу (10):

$$V_4 = F_2 * L_{d4}, \text{ м}^3$$

Відповідно: $A_4 = A_3 - 2 * a_3 = 1547,32 - 2 * 17,0 = 1513,32 \text{ м}.$

$L_{d4} = 4 * A_4 = 4 * 1513,32 = 6053,28 \text{ м}.$

Таким чином: $V_4 = F_2 * L_{d4} = 48,75 * 6053,28 = 295097,41 \text{ м}^3.$

Сумарний об'єм четвертого ярусу (12):

$$W_{c4} = W_4 + V_4 = 5519199,95 + 295097,41 = 5814297,36 \text{ м}^3.$$

Термін експлуатації четвертого ярусу (13):

$$t_4 = (W_{c4} * K_{зан} * \rho_{с.хв}) / G_{хв} = (5814297,36 * 1,85 * 0,8) / 5713043,48 = 1,51 \text{ роки}.$$

Розрахунок загальних параметрів хвостосховища

Загальний об'єм хвостосховища (14):

$$W_3 = W_1 + W_{c2} + W_{c3} + W_{c4} = 23547902,98 + 6379290,88 + 6087794,17 + 5814297,36 = 41829285,39 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм вторинних дамб (15):

$$V_3 = V_2 + V_3 + V_4 = 308357,41 + 301727,41 + 295097,41 = 905182,23 \text{ м}^3.$$

Порівнюємо одержані значення загального об'єму хвостосховища W_3 з необхідним (18):

$W_3 \geq W$ – умова виконується, оскільки $41829285,39 > 38601645,12 \text{ м}^3$, тобто у хвостосховищі може бути за складована більша кількість відходів, ніж передбачається проектом.

Розрахунок терміну експлуатації хвостосховища

Повний термін експлуатації хвостосховища (16):

$$t_n = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 6,10 + 1,65 + 1,58 + 1,51 = 10,84 \text{ років.}$$

Порівнюємо одержані значення повного терміну експлуатації t_n з потрібним (19):

$t \geq t_c$ – умова виконується, оскільки $10,84 > 10$ років, отже хвостосховище буде заповнюватися довше передбачених десяти років.

Заносимо результати розрахунків до підсумкової табл. 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунків

Показник	Номер ярусу, значення				Загальне значення
	1	2	3	4	
Висота ярусу хвостосховища H_i , м	9,5	2,5	2,5	2,5	–
Довжина однієї сторони нижньої основи ярусу $B_{ни}$, м	1547,32	1552,32	1515,32	1478,32	–
Довжина однієї сторони верхньої основи ярусу $B_{ви}$, м	1601,32	1564,32	1527,32	1493,32	–
Об'єм ярусу хвостосховища W_i , млн м ³	23,547	6,070	5,786	5,519	40,922
Площа перерізу вторинної дамби F , м	–	48,75	48,75	48,75	–
Довжина однієї сторони вторинної дамби A_i , м	–	1581,32	1547,32	1513,32	–
Довжина вторинної дамби одного ярусу L_i , м	–	6325,28	6189,28	6053,28	–
Об'єм вторинної дамби одного ярусу V_i , млн. м ³	–	0,308	0,302	0,295	0,905
Сумарний об'єм одного ярусу хвостосховища W_{ci} , млн. м ³	23,547	6,379	6,087	5,814	41,829
Термін експлуатації одного ярусу t_i , років	6,10	1,65	1,58	1,51	10,84

Висновки. Таким чином, хвостосховище, що розташоване на ділянці площею 280 га, при висоті огорожувальної дамби 17,5 м буде експлуатуватися 10,84 років.

2.2. Завдання на курсову роботу

1. Ознайомитись з класифікацією хвостосховищ та основними принципами гідравлічного складування відходів.

2. Ознайомитись з методикою розрахунку ємності хвостосховища та висоти огорожувальної дамби, об'ємів вторинних дамб, об'ємів хвостосховища по ярусах і термінів їх експлуатації.

3. Самостійно:

- визначити річний вихід хвостів на гірничо-збагачувальному комбінаті;
- розрахувати необхідний об'єм хвостосховища на заданий термін його експлуатації;
- побудувати поперечний переріз огорожувальної дамби з урахуванням заданих розмірів для подальших розрахунків;
- розрахувати об'єми хвостосховища першої черги і наступних ярусів, а також терміни їх експлуатації;
- визначити об'єми вторинних дамб кожного ярусу;
- порівняти отримані дані загального об'єму хвостосховища з необхідним і повного терміну експлуатації з потрібним та зробити висновки.

Вихідні дані для розрахунку представлені в табл. 3.

Номер варіанту для розрахунку – у табл. 4.

2.3 Вимоги до оформлення курсової роботи

Текст пояснювальної записки набирається на комп'ютері в текстовому редакторі Word Office на листах формату А4 (210x297 мм), через 1,5 інтервал, інтервал до та після абзацу – 0 пт, шрифт Times New Roman 14 кегля (поля зліва, справа, зверху та знизу – 20 мм). Абзацний відступ – 1,25 см. Вирівнювання тексту – по ширині.

Нумерація сторінок – у правому верхньому куті аркуша. На першому (титальному) аркуші номер сторінки не проставляється.

Курсова робота повинна включати такі складові:

- титульний аркуш, оформлений згідно з останніми вимогами стандартів закладів вищої освіти (Додаток А);
- зміст;
- мету роботи;
- завдання на курсову роботу;
- розрахунок річного виходу хвостів і загальних характеристик хвостосховища;

- поперечний переріз огорожувальної дамби;
- розрахунок хвостосховища першої черги (першого ярусу);
- розрахунок другого ярусу хвостосховища;
- розрахунок третього ярусу хвостосховища;
- розрахунок четвертого ярусу хвостосховища;
- розрахунок загальних параметрів хвостосховища;
- розрахунок терміну експлуатації хвостосховища;
- підсумкова таблиця;
- висновки.

Оцінювання курсової роботи здійснюється відповідно до критеріїв, наведених у додатку Б.

Питання для самоконтролю

1. Що являє собою пульпа?
2. Для транспортування яких видів відходів використовують гідравлічний спосіб?
3. На які види поділяються хвостосховища залежно від рельєфу місцевості?
4. На які види поділяються хвостосховища залежно від способу спорудження?
5. Яким чином розраховується консистенція пульпи?
6. Який укіс дамби називають верховим, а який – низовим?
7. З яких матеріалів зазвичай споруджують первинні дамби хвостосховищ?
8. З яких матеріалів зазвичай споруджують вторинні дамби хвостосховищ?
9. Для чого споруджується перевищення гребеня дамби над рівнем заповнення хвостосховища?

Таблиця 3 – Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Значення											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хвостосховище наливне (поступового заповнення) рівнинного типу, в плані має форму квадрата												
Площа земельної ділянки, що відведена під хвостосховище S , га	210	323	258	320	87	91	256	182	588	422	581	447
Термін експлуатації t_e , роки	20	16	17	15	17	18	15	15	15	17	17	20
Витрата пульпи Q_n , м ³ /год	5000	6000	7000	3000	2500	3500	4500	3500	7000	5500	4500	4900
Консистенція пульпи Т:Р	1:19	1:12	1:18	1:9	1:29	1:30	1:12	1:14	1:8	1:17	1:7	1:11
Щільність частинок хвостів $\rho_{ч.хв}$, т/м ³	2,8	2,6	3,3	2,8	2,5	3,5	2,5	2,7	3,5	3,1	2,5	3,4
Щільність води ρ_v , т/м ³	1											
<i>Первинна дамба:</i>	природні суглинки											
• висота $h1$, м	9,1	8,4	8,8	5,2	6,2	9,8	9,2	8,7	6,8	5	6	7
• закладання низового укосу m_n	1:2,5											
• закладання верхового укосу m_v	1:3											
• ширина по гребеню $b1$, м	7	6	5	4	3	8	7	6	5	4	3	4
<i>Вторинні дамби:</i>	поярусно хвости											
• висота $h2$, м	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,6
• закладання низового укосу m_n	1:2,5											
• закладання верхового укосу m_v	1:3											
• ширина по гребеню $b1$, м	7	6	5	4	3	8	7	6	5	4	3	4
Перевищення гребеня дамб над рівнем заповнення хвостосховища $h_{зан}$, м	0,6	0,6	0,63	0,66	0,56	0,5	0,57	0,57	0,63	0,93	0,66	0,7
Загальна висота огорожувальної дамби H , м	16	15	15	11	12	17,3	16,2	15,4	13	10	11,5	12,7
Середня щільність укладання сухих хвостів, які намиті в хвостосховище і відсипані у вторинні дамби $\rho_{с.х}$, т/м ³	2,15	1,95	2,13	1,78	1,88	1,85	1,69	1,8	2,06	1,71	1,85	1,86
Коефіцієнт заповнення $K_{зан}$	0,75	0,83	0,81	0,77	0,79	0,82	0,8	0,76	0,79	0,77	0,82	0,82

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Розрахунок параметрів хвостосховища» з дисципліни «Утилізація промислових відходів» (для студентів 3 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: К. Д. Бригінець, К.О. Абашина. – Х.: ХНАМГ, 2012 – 18 с.

2. Методичні вказівки до практичних за курсом «Основи утилізації відходів» (для студентів 4 курси денної та 5 курсів заочної форм навчання бакалаврів спеціальності 8.070800 – «Екологія та охорона навколишнього середовища»). Укладач: Бригінець О. Д. – Харків: ХНАГГ, 2007. – 44 с.

3. Утилізація та рекуперація відходів. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / О.О. Борисовська, О.В. Деменко, А.В. Павличенко. – Дніпро: Національний гірничий університет, 2017. – 56 с.

Додаток А. Зразок оформлення титульного аркуша курсової роботи

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Інститут природокористування**

Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища



КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Технології утилізації відходів та рециклінг»

НА ТЕМУ: РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ХВОСТОСХОВИЩА

Варіант _____

Виконав(ла): студент(ка) гр. _____
(група)

(прізвище та ініціали
студента/студентки)

Перевірив: _____
(посада, прізвище та
ініціали викладача)

Дніпро
(рік виконання)

Додаток Б. Критерії оцінювання курсової роботи

Оцінювання курсової роботи здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами.

Шкали оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП»

Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Курсова робота зараховується, якщо здобувач отримав підсумкову оцінку не менше 60 балів. За виконання розрахунків та оформлення пояснювальної записки курсової роботи студент/ка може отримати 80 балів. Захист курсової роботи передбачає відповіді на питання тесту, за який студент/ка може набрати ще 20 балів. Разом - 100 балів.

Критерії оцінювання пояснювальної записки курсової роботи на тему "розрахунок параметрів хвостосховища"

Критерій	Кількість критеріїв:	Максимальна кількість балів за роботу:	80	Отримана кількість балів:	
100%	5	Вищий стандарт (100%)	Відповідає стандартам (75%)	Наближення до стандартів (38%)	Нижче стандартів (0%)
Складові роботи		Присутні всі обов'язкові складові роботи (титульний аркуш, мета роботи, завдання на роботу, хід виконання, схема хвостосховища, висновки та додаткові складові (наприклад, вдумливі коментарі, пояснення розрахунків тощо).	Всі обов'язкові елементи присутні (титульний аркуш, мета роботи, завдання на роботу, хід виконання, висновки)	Відсутній один обов'язковий елемент, але є додаткові елементи (наприклад, вдумливі коментарі, пояснення).	Бракує декількох обов'язкових елементів
%	20	16.00	12.00	6.08	0.0
Орфографія, пунктуація та граматики		У роботі немає помилок чи є по одній помилці (або менше) у написанні, пунктуації та граматиці.	У роботі є дві або три помилки в орфографії, пунктуації та граматиці.	У роботі є чотири помилки в орфографії, пунктуації та граматиці.	У роботі є більше 4 помилок в орфографії, пунктуації та граматиці.
%	20	16.00	12.00	6.08	0.0
Правильність виконання завдань		90-100% розв'язаних завдань не мають математичних помилок.	Більшість (85-89%) розв'язаних завдань не мають математичних помилок.	Більшість (60-84%) розв'язаних завдань не мають математичних помилок.	Понад 40% розв'язаних завдань мають математичні помилки.
%	20	16.00	12.00	6.08	0.0

Критерій	Кількість критеріїв:	Максимальна кількість балів за роботу:	80	Отримана кількість балів:	
Термінологія та одиниці виміру		Студент/ка завжди використовує правильну термінологію та усі розрахунки містять одиниці виміру, що дозволяють легко зрозуміти, що було зроблено.	Студент/ка зазвичай використовує правильну термінологію та усі розрахунки містять одиниці виміру, що дозволяє досить легко зрозуміти, що було зроблено.	Студент/ка використовує правильну термінологію, але деякі розрахунки не містять одиниць виміру	Студент/ка використовує замало термінології та більшість розрахунків не містять одиниць виміру
%	20	16.00	12.00	6.08	0.0
Висновки		Студент/ка детально описує отримані результати та надає їх інтерпретацію і майбутнє використання у життєвих ситуаціях. Висновки зроблені вірно	Студент/ка описує отриману інформацію та можливе її застосування у життєвій ситуації. Є певні неточності, але висновки зроблені вірно	Студент/ка коротко описує отриману інформацію або у висновках є помилки	Підсумки відсутні.
%	20	16.00	12.00	6.08	0.0
	100	80	60	30	0

Посилання на тест для захисту курсової роботи:

<https://forms.gle/uzXn93EwLcEgdpYk7>



БОРИСОВСЬКА Олена Олександрівна

**ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТА РЕЦИКЛІНГ
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

для студентів освітньо-професійної програми «Технології захисту
навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Друкується в редакційній обробці авторів